

갑상선 전절제술 후 저칼슘혈증을 예측하기 위한 부갑상선호르몬 수치

전북대학교 의학전문대학원 외과학교실 유방·갑상선 외과

나안수·김선광·김영욱·윤현조·정성후

The Predictive Value of Serum Parathyroid Hormone Levels for the Occurrence of Hypocalcemia Following Total Thyroidectomy

Ahn Soo Na, Seon Kwang Kim, Young Wook Kim, Hyun Jo Youn and Sung Hoo Jung

Division of Breast · Thyroid Surgery, Department of Surgery, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Purpose: The aim of study was to determine the cut-off value of serum parathyroid hormone levels with a predictive value for the occurrence of clinical hypocalcemia following total thyroidectomy. **Methods:** We performed a retrospective review, of 150 patients who underwent total thyroidectomy for papillary thyroid carcinoma from January 2010 to July 2010. We measured the serum levels of parathyroid hormone and phosphate within 18~24 hours postoperatively. The serum levels of ionized calcium were measured immediately and within 18~24 hours postoperatively. We also determined the cut-off value, sensitivity and specificity of serum levels of parathyroid hormone, ionized calcium, and phosphate with a predictive value for the occurrence of clinical hypocalcemia. **Results:** Serum levels of parathyroid hormone were 2.0 ± 1.7 pg/ml in the clinical hypocalcemia group, 9.9 ± 10.7 pg/ml in the asymptomatic hypocalcemia group, and 15.3 ± 10.7 pg/ml in the normal control group ($P < 0.001$). Serum levels of ionized calcium were also significantly lower in the clinical hypocalcemia group (0.92 ± 0.16 mmol/L) compared with the normal control group ($P = 0.002$). On the other hand, serum levels of phosphate were significantly higher in the clinical hypocalcemia group ($P = 0.009$). The cut-off value of serum parathyroid hormone levels for the prediction of clinical hypocalcemia was 4.5 pg/ml, where the sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were 87.5%, 63.4%, 89.3% and 59%, respectively. **Conclusion:** Serum parathyroid hormone levels following total thyroidectomy are the most powerful predictive factors for the occurrence of clinical hypocalcemia. Our results show that the incidence of clinical hypocalcemia is relatively higher at postoperative serum levels of parathyroid hormone ≤ 4.5 pg/ml.

Key Words: Hypocalcemia, Total thyroidectomy, Parathyroid hormone

중심 단어: 저칼슘혈증, 갑상선 전절제술, 부갑상선 호르몬

서론

2009년 국가암등록 통계에 따르면 갑상선 암의 발생은 모든 암 중에 1위, 여성암 중에서도 1위로 크게 증가하고 있다.⁽¹⁾ 최근 갑상선 질환에 대한 관심 증가와 고해상도 갑

상선 초음파를 이용한 검진이 보편화됨에 따라 갑상선 암을 포함한 갑상선 질환의 진단이 증가하고 있으며, 이에 따라 갑상선 절제술이 필요한 경우도 증가하고 있다.

갑상선 수술 후 발생할 수 있는 합병증에는 되돌이 후두 신경 손상, 갑상선 기능 저하, 부갑상선 기능저하에 의한 저칼슘혈증, 출혈, 혈종 등이 있으며, 이 중 갑상선 전절제술

Correspondence: Hyun Jo Youn

Department of Surgery, Chonbuk National University Medical School, 20 Geonjiro, Deokjin-gu, Jeonju 561-712, Korea

Tel: +82-62-250-1570, Fax: +82-63-271-6197, E-mail: yhj0903@jbnu.ac.kr

Received November 13, 2012, Revised March 12, 2013, Accepted March 13, 2013

Copyright © 2013 Korean Association of Thyroid and Endocrine Surgeons; KATES. All Rights Reserved.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

후 발생하는 부갑상선 기능저하에 의한 저칼슘혈증은 가장 흔한 합병증으로 1~50%에서 보고되는데, 대부분 일시적이나 영구적으로 발생할 수도 있다.(2-5)

갑상선 수술 후 저칼슘혈증의 발생을 예측할 수 있는 여러 인자 중에 부갑상선 호르몬 수치는 저칼슘혈증의 발생을 예측할 수 있는 가장 강력한 인자로 알려져 있는데, 이는 부갑상선 호르몬의 반감기가 수분으로 짧고 부갑상선의 기능이 떨어지거나 혈액공급이 원활하지 않으면 수치가 급격히 감소되기 때문이다.(6) 그러나 부갑상선 호르몬의 정상 범위가 11~62 pg/ml로 매우 넓고 정상 이하의 수치더라도 저칼슘혈증의 발생과 반드시 상관관계가 있는 것은 아닌 것으로 알려져 있어 저칼슘혈증의 예측인자로서 부갑상선 호르몬의 측정에 대해서는 이견이 있다. 이에 본 연구에서는 갑상선 전절제술 후에 저칼슘혈증의 발생을 예측할 수 있는 부갑상선 호르몬의 결정 수치를 알아보고자 하였다.

방 법

전북대학교 병원에서 2010년 1월부터 7월까지 유두상 갑상선암으로 갑상선 전절제술을 시행 받은 150명의 환자를 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 모든 환자에서 중앙

경부 림프절 절제술을 시행하였으며, 수술 후 18시간에서 24시간 사이에 혈중 부갑상선 호르몬과 인을 측정하였고 혈중 이온화 칼슘은 수술 직후와 수술 후 18시간에서 24시간 사이에 1번씩 총 2번을 측정하였다. 임상적 저칼슘혈증은 손발 저림, 근육 경련, 안면 경직 등의 증상으로 칼슘 주사제나 경구용 칼슘제의 추가 투여가 필요한 경우로 정의하였고, 무증상 저칼슘혈증은 증상은 없으나 혈중 이온화 칼슘 수치가 한 번이라도 정상 수치 미만(<1.13 mmol/L)인 것으로 정의하였으며, 부갑상선 호르몬, 이온화 칼슘, 인의 저칼슘혈증 발생을 예측할 수 있는 결정 수치와 그에 따른 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 분석하였다.

본 연구는 전북대학교 병원 Institutional Review Board (IRB approval No. 2012-11-017)에서 승인되었으며, 통계 분석 방법은 SPSS 13.0을 사용하여, Chi-square and Fisher's exact test, Student's t-test, ANOVA, Kruskal Wallis Test를 사용하였으며, P값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

총 150명의 환자 중 57명(38%)에서 임상적 저칼슘혈증이

Table 1. Clinocopathologic characteristics

	Clinical hypocalcemia (N=57)	Asymptomatic hypocalcemia (N=78)	Normocalcemia (N=15)	P-value
Gender				0.307
Male	4 (7%)	12 (15%)	1 (7%)	
Female	53 (93%)	66 (85%)	14 (93%)	
Age (years)	49.5±9.6	51.0±9.9	55.9±9.6	0.217
Operation time (min)	130±10	120±11.5	120±13	0.328
Parathyroid autotransplantation				0.695
Yes	4 (7%)	7 (9%)	2 (13%)	
No	53 (93%)	71 (91%)	13 (87%)	
Lateral lymph node dissection				1.00
Yes	6 (11%)	8 (10%)	1 (7%)	
No	51 (89%)	70 (90%)	14 (93%)	
Preserved parathyroid gland (number)	3.3	3.33	3.4	0.402
Albumin (g/dl)	3.93±0.32	3.90±0.35	3.87±0.35	0.193

Table 2. Comparison of parathyroid hormone, ionized calcium, and phosphorus as calcium state after total thyroidectomy

	Clinical hypocalcemia (N=57)	Asymptomatic hypocalcemia (N=78)	Normocalcemia (N=15)	P-value
Parathyroid hormone (pg/ml)	2.0 ± 1.7	9.9 ± 10.7	15.3 ± 10.7	<0.001
Ionized calcium 1* (mmol/L)	1.03 ± 0.09	1.05 ± 0.11	1.11 ± 0.10	0.044
Ionized calcium 2 [†] (mmol/L)	0.92 ± 0.16	0.94 ± 0.12	1.04 ± 0.12	0.002
Phosphorus (mg/dl)	4.5 ± 1.05	4.0 ± 0.78	3.8 ± 0.75	0.009

*Ionized calcium 1 = immediately, after surgery; [†] Ionized calcium 2 = 18~24 hrs, after surgery.

발생하였고, 무증상 저칼슘혈증 군에는 78명(52%), 정상 칼슘 군(정상 군)에는 15명(10%)이 포함 되었다. 임상적 저칼슘혈증 군, 무증상 저칼슘혈증 군 그리고 정상 군 간의 성별, 나이, 수술시간, 부갑상선 자가이식 여부, 측경부림프절 절제 여부, 수술 중 보존된 부갑상선 수, 알부민 수치 등은 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 임상적 저칼슘혈증 군의 부갑상선호르몬 평균 수치는 2.0 ± 1.7 pg/ml로 무증상 저칼슘혈증군의 9.9 ± 10.7 pg/ml와 정상 군의 15.3 ± 10.7 pg/ml 보다 통계학적으로 의미 있게 낮은 결과를 보였다($P < 0.001$). 수술 직 후와 수술 18~24시간 후 측정된 이온화 칼슘의 평균 수치도 임상적 저칼슘혈증 군에서 0.92 ± 0.16 mmol/L로 정상 군 1.04 ± 0.12 mmol/L에 비하여 유의하게 낮았으며($P = 0.002$) 인은 임상적 저칼슘혈증 군에

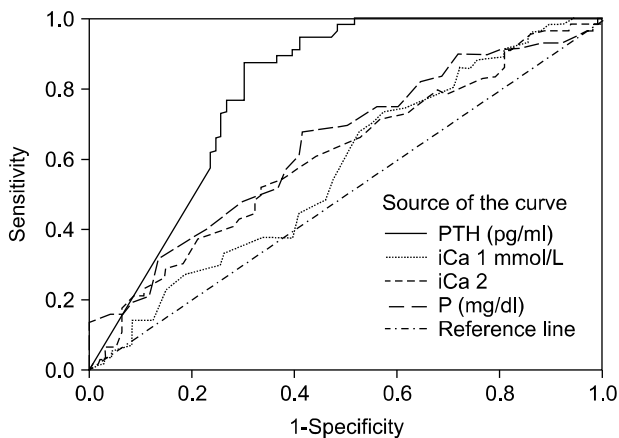


Fig. 1. The receiver operating characteristics (ROC) curve analysis for prediction of clinical hypocalcemia. The serum parathyroid hormone levels were the most powerful predictive factors for clinical hypocalcemia. PTH = parathyroid hormone; iCa 1 = immediately, after surgery; iCa 2 = 18~24 hrs, after surgery; P = phosphorus.

서 평균 4.5 ± 1.05 mg/dl로 정상 군 3.8 ± 0.75 mg/dl에 비하여 유의하게 높았다($P = 0.009$) (Table 2).

임상적 저칼슘혈증의 발생을 예측하기 위한 부갑상선 호르몬의 결정 수치는 4.5 pg/ml이고, 민감도는 87.5%, 특이도는 63.4%, 양성 예측도는 89.3%, 음성 예측도는 59%로 부갑상선 호르몬이 4.5 pg/ml 이하일 때 임상적 저칼슘혈증의 발생위험이 4.5 pg/ml 이상일 때보다 13배 증가하였다($P < 0.001$). 이온화 칼슘의 임상적 저칼슘혈증의 발생을 예측하기 위한 결정 수치는 0.95 mmol/L, 민감도는 54.4%, 특이도는 63.4%, 양성 예측도는 47.7%, 음성 예측도는 69.4%로 이온화 칼슘이 0.95 mmol/L 보다 낮을 때 임상적 저칼슘혈증의 발생위험이 2배 증가하였다($P < 0.001$). 인의 결정 수치는 4 mg/dl로 민감도는 66.7%, 특이도는 58.1%, 양성 예측도는 74%, 음성 예측도는 49.4%이며 수치가 4 mg/dl 보다 높을 때 임상적 저칼슘혈증의 발생위험이 2배 증가하였다($P < 0.001$) (Fig. 1).

다변량 분석 결과 부갑상선 호르몬의 혈중 수치(결정 수치 ≤ 4.5 pg/ml)는 가장 강력한 임상적 저칼슘혈증의 예측인자였고 이온화 칼슘과 인 또한 통계학적으로 의미 있는 예측 인자였다(Table 3).

고 찰

저칼슘혈증은 갑상선 전절제술 후에 가장 빈번히 발생하는 합병증으로 임상적 증상은 입술과 손, 발의 저린감, 안면마비 감각 등의 경미한 증상부터 후두연축, 경련 등의 심각한 증상까지 다양하다. 갑상선 수술 후 발생하는 저칼슘혈증은 주로 수술 후 24~48시간에 나타나며 대부분 1주일 정도 경과 후 호전되나, (7) 일부 환자에서는 칼슘제나 비타민 D의 투여가 필요하여 재원기간이 길어지고 혈액 검사의 횟수를 증가시킬 수 있으며, 이에 따라 환자의 치료 만족도가 저하되는 요인이 될 수 있다. (8) 발생 원인은 수술 전 후

Table 3. Cut-off value of parathyroid hormone, ionized calcium, and phosphorus predicting clinical hypocalcemia after total thyroidectomy

	Clinical hypocalcemia (N=57)	Normocalcemia & asymptomatic hypocalcemia (N=93)	OR*	95% CI [†]	P-value
Parathyroid hormone (pg/ml)					<0.001
≤4.5	50	34	13.17	5.18~34.92	
>4.5	7	59	-	-	
Ionized calcium (mmol/L)					<0.001
≤0.95	31	34	2.46	1.07~5.65	
>0.95	26	59	-	-	
Phosphorus (pg/ml)					<0.001
≥4	38	39	2.34	1.05~5.28	
<4	19	54	-	-	

*OR = odds ratio; [†]CI = confidence interval.

혈액 회석에 따른 혈중 단백질농도 저하에 의해서 발생할 수 있고, 수술 중 갑상선 조작에 따른 칼시토닌의 분비 증가, 수술 중 부갑상선의 자극 및 손상에 의해서도 발생하나, 부갑상선으로 가는 혈행의 차단 또는 수술 후 혈중에 의해 부갑상선 혈류가 감소하는 경우 주로 발생하는 것으로 보고되며,(9-11) 따라서 Romanus 등(12)은 수술 중 부갑상선 손상이나 혈관 손상에 의한 허혈, 제거 등이 발생하면 즉시 부갑상선 자가이식을 해야 한다고 하였다.

저칼슘혈증은 대부분 일과성으로 시간이 지나면 호전되지만 영구적 저칼슘혈증은 임상적으로 문제가 되며, 그 빈도는 0~8%로 알려져 있다.(13-17) 영구적 저칼슘혈증의 원인은 부갑상선의 손상과 수술 중 부갑상선이 보존되지 못한 술기적 원인에 의해 발생하며 보존된 부갑상선이 1개 이상만 된다면 영구적 저칼슘혈증을 피할 수 있을 것이라는 보고가 있는 반면,(8,18) Thomusch 등(19)은 최소한 2개의 부갑상선을 확인하고 보존해야 부갑상선 기능저하증을 예방할 수 있다고 보고해 저칼슘혈증을 막기 위해 보존해야 하는 부갑상선 수에는 아직 이견이 있는 실정이다.

갑상선 수술 후 발생할 수 있는 저칼슘혈증을 예방하기 위해 부갑상선 호르몬을 측정하는 것은 정확도 면에서 아직 이견이 많다. 즉, Noordzij 등(20)은 혈중 부갑상선 수치가 갑상선 전절제술 후 발생할 수 있는 저칼슘혈증과 관계가 있다고 보고 하였는데, 민감도와 특이도가 떨어지는 이유로 수술 후 저칼슘혈증을 예측하기 위한 절대적인 기준이 되기에는 논란이 있다고 하였다. 하지만, Lecerf 등(21)은 갑상선 전절제술 전과 후의 부갑상선 호르몬 수치의 감소가 수술 후 부갑상선 호르몬 수치만을 측정하는 것보다 저칼슘혈증을 예측하는 데 보다 유용하다고 보고하였으며, 민감도, 특이도, 양성예측도와 음성 예측도 면에서 충분히 유용하다고 하였다. 또한, Lombardi 등(22)도 갑상선 전절제술 4시간 후에 측정한 부갑상선 호르몬의 수치가 10 pg/ml 이하인 경우 저칼슘혈증을 예측하는 민감도와 특이도가 좋다고 하였고, Payne 등(23)과 장 등(24)은 수술 후 6시간 후에 측정한 부갑상선 호르몬 수치가 28 pg/ml 이상인 경우 저칼슘혈증의 임상적 증상 발생에 대한 양성예측도가 높다고 보고 하였으며, 김 등(25)도 수술 후 6시간째에 측정한 혈중 부갑상선 호르몬 수치가 10.6 mg/dl 이하일 때 초기에 저칼슘혈증을 예측할 수 있다고 보고하였다. 한편, 다른 연구에서는 갑상선 전절제술 후 부갑상선 수치만으로 저칼슘혈증을 예측하는 데는 결론을 내리기 어렵다는 보고도 있었다.(26,27) 본 연구에서는 갑상선 수술 후 저칼슘혈증을 예측하기 위해 부갑상선 호르몬 수치를 측정하여, 결정 수치를 4.5 pg/ml로 보았을 때 임상적 저칼슘혈증 발생률이 13배 이상 증가하는 것을 확인하였고, 따라서 수술 후 부갑상선 호르몬이 4.5 pg/ml 이하로 내려갈 경우 임상적 저칼슘혈증을 예방하기 위해 칼슘제를 투여하는 것이 필요할 것으로 생각한다. 하지만, 측정 시점이 수술 후 18~24시간인

점은 여러 연구에서 시행한 수술 후 4~6시간째의 측정 시점과는 차이가 있다. 이는 후향적이라는 본 연구의 제한점으로, 향후 시행할 연구에서는 이를 고려하여 수술 후 4~6시간째 부갑상선 호르몬을 측정하여 결정 수치를 정한다면 보다 유용할 것으로 생각한다.

저칼슘혈증을 예측하기 위한 인자로 혈청 칼슘과 인 수치를 이용한 연구도 많이 있었으나 연구자마다 측정시점 및 예측을 위한 수치가 달라 실제 임상에 적용하는 데는 어려움이 많다.(25,28-30) Wong 등(28)은 수술 후 1일째 아침 측정한 이온화 칼슘 수치가 2.0 mmol/L 미만일 경우 저칼슘혈증이 발생할 고위험 군으로 분류하여 적절한 칼슘제의 보급이 필요하다고 하였고, Pfleiderer 등(29)은 수술 전후 연속적으로 측정한 혈청 칼슘의 수치 곡선을 이용하여 일 시적, 영구적 저칼슘혈증이 발생할 수 있는 고위험군 환자를 구분할 수 있으며, 이온화 칼슘 수치가 1.94 mmol/L 미만일 경우 영구적 저칼슘혈증의 발생 위험이 높음을 확인하였으나, 대상자가 적은 한계점이 있다고 보고하였다.

김 등(25)은 갑상선 전절제술 후 연속적으로 부갑상선 호르몬, 칼슘, 인, 마그네슘 등을 측정하여 저칼슘혈증 예측을 위한 연구를 하였는데, 칼슘 수치는 저칼슘혈증을 예측하는데 의의가 없었으며, 인은 수술 후 3일째 측정한 수치가 5 mg/dl 이상일 경우 저칼슘혈증을 예측하는데 유용한 인자라고 하였지만 인 수치도 수술 직후에는 통계적으로 유의성을 갖지 못해 실제 임상에 적용하는 데는 한계가 있다고 하였다. Sousa 등(30)은 갑상선 전절제술 후 1일, 2일째 측정한 혈청 칼슘과 인 수치를 수술 전과 비교하였을 때 혈청 칼슘 수치는 저칼슘혈증이 있는 환자에 있어 수술 후 1일, 2일째 유의하게 감소하였지만, 저칼슘혈증이 없는 환자에서도 수술 후 1일째 유의하게 감소하여 이는 수술 전후 투여된 수액의 영향도 고려해야 함을 언급하였으며, 인 수치는 저칼슘혈증이 발생한 환자에서 수술 후 1일째에는 감소하지만, 2일째에는 증가하는 소견이 있어 통계학적 의의는 있으나 명확한 수치로 저칼슘혈증을 예측하는 데는 어렵다고 보고하였다. 본 연구에서는 갑상선 전절제술 후 임상적 저칼슘혈증 발생을 예측할 수 있는 이온화 칼슘과 인의 결정 수치를 알아보고자 하였으며, 이온화 칼슘의 임상적 저칼슘혈증의 발생을 예측하기 위한 결정 수치는 0.95 mmol/L 였고 인의 결정 수치는 4 mg/dl였으며, 이온화 칼슘이 0.95 mmol/L 이하이거나 인 수치가 4 mg/dl 이상인 임상적 저칼슘혈증의 발생위험이 2배 증가함을 확인하였다. 따라서, 이에 해당하는 환자에 있어서는 저칼슘혈증의 증상이 있는지 주의 깊게 관찰하고, 필요하다면 예방적 칼슘제의 투여도 고려해 볼 수 있을 것이다.

결 론

본 연구에서는 부갑상선 호르몬 수치가 갑상선 전절제술

후 임상적 저칼슘혈증 발생을 예측하는 데 있어 가장 강력한 인자로 수술 후 부갑상선 호르몬 수치가 4.5 pg/ml 이하 일 때 임상적 저칼슘혈증이 13배 이상 증가함을 알 수 있었고, 이에 따라 수술 후 환자의 저칼슘혈증 증상을 예방하기 위해 부갑상선 호르몬 수치가 4.5 pg/ml 이하인 경우에는 적절한 칼슘제의 예방적 투여를 적극 고려할 것을 추천한다.

REFERENCES

- 1) Ministry for Health, Welfare and Family Affairs. Annual Report of Cancer incidence (2007), cancer prevalence (2007), and survival (1993-2007) in Korea. Seoul: Ministry for Health, Welfare and Family Affairs; 2009.
- 2) Bergamaschi R, Becouarn G, Ronceray J, Arnaud JP. Morbidity of thyroid surgery. *Am J Surg* 1998;176:71-5.
- 3) Abboud B, Sargi Z, Akkam M, Sleilaty F. Risk factors for postthyroidectomy hypocalcemia. *J Am Coll Surg* 2002;195:456-61.
- 4) Jumaily JS, Noordzij JP, Dukas AG, Lee SL, Bernet VJ, Payne RJ, et al. Prediction of hypocalcemia after using 1- to 6-hour postoperative parathyroid hormone and calcium levels: an analysis of pooled individual patient data from 3 observational studies. *Head Neck* 2010;32:427-34.
- 5) Lo CY. Postthyroidectomy hypocalcemia. *J Am Coll Surg* 2003;196:497-8.
- 6) Martin KJ, Hruska KA, Freitag JJ, Klahr S, Slatopolsky E. The peripheral metabolism of parathyroid hormone. *N Engl J Med* 1979;301:1092-8.
- 7) Daniel O, Robert U. Surgery of the thyroid and parathyroid glands. In: Randolph G, editor. *Surgery of the Thyroid and Parathyroid Glands*. 1st ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2003. p.221-4.
- 8) Kang BG, Cho MS, Bae KS, Kang SJ. Predicting hypocalcemia after total thyroidectomy in patients with thyroid carcinoma. *Korean J Endocrine Surg* 2008;8:256-9.
- 9) Demeester-Mirkine N, Hooghe L, Van Geertruyden J, De Maertelaer V. Hypocalcemia after thyroidectomy. *Arch Surg* 1992;127:854-8.
- 10) Bourrel C, Uzzan B, Tison P, Despreaux G, Frachet B, Modigliani E, et al. Transient hypocalcemia after thyroidectomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:496-501.
- 11) Jafari M, Pattou F, Soudan B, Devos M, Truant S, Mohiedine T, et al. Prospective study of early predictive factors of permanent hypocalcemia after bilateral thyroidectomy. *Ann Chir* 2002;127:612-8.
- 12) Romanus ME, Farndon JR, Wells Jr SA. Transplantation of the parathyroid glands. In: Johnston IDA, Thompson NW, editors. *Endocrine Surgery*. 15th ed. London: Butterworth; 1983. p.25-40.
- 13) Herranz-González J, Gavilán J, Matínez-Vidal J, Gavilán C. Complications following thyroid surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;117:516-8.
- 14) Moulton-Barrett R, Crumley R, Jalilie S, Segina D, Allison G, Marshak D, et al. Complications of thyroid surgery. *Int Surg* 1997;82:63-6.
- 15) Shindo ML, Sinha UK, Rice DH. Safety of thyroidectomy in residency: a review of 186 consecutive cases. *Laryngoscope* 1995;105:1173-5.
- 16) Shaha A, Jaffe BM. Complications of thyroid surgery performed by residents. *Surgery* 1988;104:1109-14.
- 17) Beom WS, Moon DJ, Kim JS, Park BS. A clinical study of thyroidectomy complications: hoarseness, hypocalcemia and hematoma. *Korean J Endocrine Surg* 2007;7:252-6.
- 18) Hong SJ, Lee CS, Kim YS. The risk factors of hypocalcemia after total thyroidectomy: what is the main cause of transient hypocalcemia? *Korean J Endocrine Surg* 2005;5:87-92.
- 19) Thomusch O, Machens A, Sekulla C, Ukkat J, Brauckhoff M, Dralle H. The impact of surgical technique on postoperative hypoparathyroidism in bilateral thyroid surgery: a multivariate analysis of 5846 consecutive patients. *Surgery* 2003;133:180-5.
- 20) Noordzij JP, Lee SL, Bernet VJ, Payne RJ, Cohen SM, McLeod IK, et al. Early prediction of hypocalcemia after thyroidectomy using parathyroid hormone: an analysis of pooled individual patient data from nine observational studies. *J Am Coll Surg* 2007;205:748-54.
- 21) Lecerf P, Orry D, Perrodeau E, Lhommet C, Charretier C, Mor C, et al. Parathyroid hormone decline 4 hours after total thyroidectomy accurately predicts hypocalcemia. *Surgery* 2012;152:863-8.
- 22) Lombardi CP, Raffaelli M, Princi P, Santini S, Boscherini M, De Crea C, et al. Early prediction of postthyroidectomy hypocalcemia by one single iPTH measurement. *Surgery* 2004;136:1236-41.
- 23) Payne RJ, Hier MP, Tamilia M, Mac Namara E, Young J, Black MJ. Same-day discharge after total thyroidectomy: the value of 6-hour serum parathyroid hormone and calcium levels. *Head Neck* 2005;27:1-7.
- 24) Jang HY, Kim JA, Kil WH, Choi YJ, Woo SU, Kim JH, et al. Evaluation of perioperative serum parathyroid hormone levels in predicting post-thyroidectomy hypocalcemia. *J Korean Surg Soc* 2006;71:250-5.
- 25) Kim HY, Kim JP, Park JJ, Ahn SY, Woo SH. Early predictor of hypocalcemia after total thyroidectomy. *J Korean Thyroid Assoc* 2010;3:160-5.
- 26) Del Rio P, Arcuri MF, Ferreri G, Sommaruga L, Sianesi M. The utility of serum PTH assessment 24 hours after total thyroidectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132:584-6.
- 27) Ghaheri BA, Liebler SL, Andersen PE, Schuff KG, Samuels MH, Klein RF, et al. Perioperative parathyroid hormone levels in thyroid surgery. *Laryngoscope* 2006;116:518-21.
- 28) Wong C, Price S, Scott-Coombes D. Hypocalcaemia and

parathyroid hormone assay following total thyroidectomy: predicting the future. *World J Surg* 2006;30:825-32.

- 29) Pfeleiderer AG, Ahmad N, Draper MR, Vrotsou K, Smith WK. The timing of calcium measurements in helping to predict temporary and permanent hypocalcaemia in patients having completion and total thyroidectomies. *Ann R Coll Surg Engl*

2009;91:140-6.

- 30) Sousa Ade A, Salles JM, Soares JM, Moraes GM, Carvalho JR, Savassi-Rocha PR. Evolution of blood magnesium and phosphorus ion levels following thyroidectomy and correlation with total calcium values. *Sao Paulo Med J* 2010;128:268-71.